

جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الرابعة عشرة

١١٨

محاضرة

عن شبكة ترام القاهرة

ألقاها

الاستاذ محمد سعيد جمجوم

مدير أعمـــال بمصلحة المجارى

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢٢ فبراير سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر لصاحبها محمود الخضرى

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود (شينى) ويرسل برسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الرابعة عشرة

١١٨

محاضرة

شبكة ترام القاهرة

ألقاها

الاستاذ محمد سعيد جمجوم

مدير أعمـــال مصلحة المجارى

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢٢ فبراير سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر لصاحبها محمود الخضرى

شبكة ترام القاهرة

معالى الرئيس . سادتى :

طلب إلىّ أن ألقى محاضرة عن ظاهرة التحلل والتآكل الكهربائى للمواسير المعدنية الموضوعة فى شوارع القاهرة كنتيجة لمرور خطوط الترام بهـا وهى الظاهرة المسماة (Electrolyse) ولما كانت شبكة ترام القاهرة نفسها تحت التجديد والتغيير الآن فقد عنّ لى أن أنتهز الفرصة لايضاح ما تجريه شركة الترام بين ظهرانينا فى مدينة القاهرة من تلك الأعمال سيما وأن لها ارتباط وثيق بظاهرة الأليكترولير ولذا كان موضوع المحاضرة «شبكة ترام القاهرة : تطورها وأثرها فى تحلل المواسير المعدنية» .

والElectrolyse ظاهرة خطيرة المدى نظراً لأن المواسير المعدنية المختلفة المدفونة فى شوارع القاهرة ذات أهمية كبيرة فى توفير الراحة والصحة للسكان إذ من بينها ما كان خاصاً بشبكة توزيع الميـاه وغاز الاستصباح للمساكن ومنها ما كان خاصاً بأعمال المجارى ومنها غلافات الـكابلات الناقلة للـكهرباء مما ينبغى معه اتخاذ الاحتياطات الفنيـة لحماية تلك المواسير والغلافات المعدنية .

والتآكل بفعل الكهرباء وبتعبير أدق تحلل المواد بفعل الكهرباء مر ليس بمجهول فتمرير تيار كهربائي من النوع المستمر في موصلين كهربائيين مغمورين في محلول معين يحدث تحللا كيمائياً فيه يزيد مقداره كلما زادت كمية الكهرباء التي تخترق السائل وفي الوقت عينه لا يبدأ التفاعل في الحدوث إلا إذا وصل فرق الضغط الكهربائي بين الموصلين المغمورين في المحلول إلى مقدار معين والمواد التي يتحلل اليها السائل تهاجم بدورها أحد الموصلين الكهربائيين وتنقل أحد عناصره إلى الموصل الآخر .

ونذكر على سبيل المثل أنه من الوجهة النظرية يكفي تمرير تيار قدره أمبير واحد لمدة ساعة ليحدث تآكلا في القطب الموجب المعدني مقداره ١٫٠٦٩٧ جراماً لو كان ذلك القطب من الحديد ليتحول إلى أكسيد و ٣٫٨٥٨ جراماً لو كان من الرصاص و ٢٫٣٥٥ جراماً لو كان من النحاس الخ .

على ضوء هذا الايضاح الموجز يمكن معرفة كيفية حدوث تآكل المواسير المعدنية الموضوعة في شوارع القاهرة فلو أنه حدث فرق في الضغط الكهربائي بينها وبين قضبان الترام سمح بهروب التيار من القضبان إلى المواسير وبالعكس ومع وجود المواسير في تربة تحوى أملاحاً ملائمة لأحداث عملية التحليل الكيماوى للحديد لأمكن لهذه التيارات أن تحدث التآكل أما في قضبان الترام نفسها ان كان التيار يمر منهـا إلى المواسير أو في المواسير إن كان التيار يمر منها إلى قضبان الترام .

ولكن هل يوجد فرق فى الضغط الكهربائى بين القضبان والمواسير وهل التيار الذى يمر بينهما من النوع المستمر وان كان ذلك فما مقداره وما هى الطرق التى تتخذ لعلاج أثره . والرد على هذه الأسئلة يستلزم أولا ألماماً موجزاً بكيفية تشغيل شبكة ترام القاهرة وهو ما سنورده فيما يلى :

سنقتصر فى الوصف الحالى على حالة شبكة ترام القاهرة قبل سنة ١٩٢٩ إذ بعد ذلك التاريخ بدأت تلك الشبكة فى التطور وما زالت أعمال التغيير فيها جارية إلى الآن كما سيأتى ذكره .

كانت شبكة ترام القاهرة تغذى بالتيار الكهربائى اللازم لها من محطة توليد الكهرباء الواقعة بشارع ساحل الغلال وتبلغ القوة الكلية لتلك المحطة حوالى ٦٧٠٠ كيلواط موزعة على أربع مجموعات ثلاثة قوة كل منها ١٥٠٠ كيلواط والرابعة قوتها ٢٢٠٠ كيلواط وكل مجموعة مكونة من تربين بخارية تدير مولداً للتيار المستمر ضغطه الكهربائى ٥٥٠ فلطا وهناك ثلاث مراحل يتخطاها التيار بعد توليده فى المحطة لتشغيل خطوط الترام .

فالمرحلة الأولى هى نقل التيار إلى خطوط تغذية القاطرات (أى خطوط الترولى) على ضغط كهربائى لا يقل كثيراً عن ٥٥٠ فلطا ويتم ذلك من القطب الموجب للمحطة بواسطة كابلات مسلحة كبيرة القطاع موضوعة تحت الأرض وتتشعب فى شوارع القاهرة لتغذية الشبكة الهوائية لخطوط الترام المختلفة ويتم الأتصال بين الكابلات المسلحة والسلوك الهوائية فى أكشاك صغيرة يخرج منها عدة سلوك هوائية تعطى

التيار الكهربائى لخط الترولى الذى يغذى القاطرات وتركب على نفس الأعمدة الحاملة لذلك الخط ويلاحظ أن خط الترولى هذا يتم إيصال التيار اليه فى عدة نقط تخفيفاً لهبوط الضغط الكهربائى فيه وبذلك يكون الضغط الكهربائى الواصل للقاطرات نفسها قريباً على قدر الامكان من ٥٥٠ فلطا .

والمرحلة الثانيـــة تنحصر فى توصيل التيار من خط الترولى إلى المحركات التى تسير القاطرات ويتم ذلك بواسطة الترولى (الاستنجة) واليد الحاكمة لتسيير القاطرة وهى اليد التى يديرها السائق وكل موضع لتلك اليد يسمح بنظام معين لتغذية محركات القاطرة التى يبلغ عددها اثنان فى القاطرات العادية وأربعة فى القاطرات ذات البوجى والمحركات من النوع الملفوف بالتوالى وقوة كل محرك على اعتبار إدارته لمدة ساعة فقط هى حوالى ٣٤ حصاناً وأمّا على اعتبار إدارته باستمرار فتصل قوته إلى حوالى ٢٢ حصاناً وبعد أن يدير التيار الكهربائى المحركات يعود بواسطة قضبان الترام إلى القطب السالب لمحطة توليـــد الكهرباء وهذه هى المرحلة الأخيرة والمهمة وسنستعرض قبل الكلام عنها بعض الصور الفوتوغرافية :

فالصورة رقم ١ تبين خطوط شبكة ترام القاهرة وتوضح أن خطوط الترام الواقعة على الضفة اليمنى للنيل تقع فى نصف دائرة قطرها ١٤ كيلومتراً مركزها محطة التوليد وأما خط الهرم على الضفة اليسرى فتبعد نهايته عن محطة التوليد بقدر ١٣ كيلومتراً ويبلغ الطول الكلى للخطوط ١٥٠ كيلومتراً

والصورة رقم ٢ تبين خط ترام شبرا وكيفية تغذيته بالكابلات المسلحة

والسلوك الهوائية ويلاحظ أن هناك عند كشك باب الحديد كابل مسلح للمعاونة على إعادة التيار من الكشك إلى محطة التوليد

والصورة رقم ٣ تبين القاطرة ذات البوجى والأربع محركات وكيفية تغذيتها من خط الترولى وعودة التيار بواسطة عجلها الى القضبان

والصورة رقم ٤ تبين القاطرة ذات المحركين

والصورة رقم ٥ تبين أدوار تسيير القاطرة وتجميع محركيها كهربائياً معاً

والصورة[1] رقم ٦ تبين الحمل على المحطة نفسها أثناء تسيير شبكة الترام فى ساعات اليوم المختلفة ويلاحظ اختلاف الحمل كثيراً من لحظة لأخرى بسبب اختلاف نظام تسيير كل قاطرة من القطارات السايرة على الخطوط والوقت الذى تصل القوة فيه الى أقصاها يقع بين الساعة ٣٠ و ٦ صباحا و ٣٠ و ٩ مساء أى لمدة ١٥ ساعة تقريبا

المرحلة الثالثة

يتم فى هذه المرحلة عودة التيار الى محطة توليد الكهرباء فلو أقتصر على وصل القطب السالب للمحطة بقضبان الترام فلا بد أن يكون المنسوب الكهربائى (Potentiel electrique) لنقطة الأتصال هذه هو أقل ما يمكن ويكون المنسوب الكهربائى للقضبان فى أى نقطة أخرى بعيدة عن المحطة أكبر من ذلك بمقدار الفقد فى الضغط الكهربائى (chute de tension) بين النقطتين ومقدار هذا الفقد يتوقف بطبيعة الحال على مقاومة

---

(١) حذفت هذه الصورة

القضبان الكهربائية وعلى مقدار التيار الذى يمر بها .

فان كان طول القضبان كبيراً وقطاعها صغيراً والوصلات التى بين أقسام القضيب الواحد رديئة كانت بطبيعة الحال المقاومة الكهربائية للقضبان كبيرة جداً لدرجة أنه مع مرور تيار كهربائى صغير فيها يصل المنسوب الكهربائى للقضبان فى نهاياتها البعيدة عن المحطة إلى درجة خطرة تتعدى المقادير المسموح بها عادة كما أنه لو كانت قطاعات القضبان وأطوالها ووصلاتها كلها مناسبة وكانت حركة مرور القاطرات على خط الترام كبيرة جداً بحيث زاد مقدار التيار العائد زيادة كبيرة فقد يتعدى المنسوب الكهربائى للقضبان عند نهاياتها البعيدة عن المحطة الحدود المسموح بها عادة ولأعطاء فكرة عن هذه الحدود المسموح بها والتى تختلف من بلد لآخر — (وفى الواقع ليس لها قاعدة عامة متبعة فى كل الممالك) أذكر أنه فى فرنسا مثلا أن متوسط الفقد فى الضغط الكهربائى المسموح به عند قياسه ينبغى ألا يتعدى فلطا واحدا لكل كيلو متر من طول القضبان وذلك فى المناطق داخل المدينة واثنين فلطا لكل كيلو متر فى مناطق خارج المدينة على أن تزاد هذه المقادير إلى الضعف فى حالة وجود المواسير المعدنية تحت سطح الأرض على بعد لا يقل عن أربعة أمتار من القضبان وأن تكون المقاومة الكهربائية لتربة الأرض فى تلك المنطقة كبيرة وفى ألمانيا يتبع عدم زيادة فرق الضغط الكهربائى المتوسط بين أى نقطتين ينتميان لشبكة خطوط ترام داخلية قطرها ٢ كيلومترا عن ٢½ فلطا وفى الخطوط خارج هذه الشبكة يسمح بفرق ضغط متوسط

قدره فلطاًء واحداً للكيلومتر الواحد ، فاذا نحن نظرنا لهذه القواعد وحاولنا تطبيقها على شبكة خطوط ترام القاهرة لوجدنا أنه لا يتسنى مطلقا الأحتفاظ بها نظراً لأمتداد شبكة الترام واتساع مدينة القاهرة وكثرة الحركة على خطوط الترام فيها وذلك على اعتبار وصل القضبان بالقطب السالب لمحطة توليد الكهرباء بدون اتخاذ أى أحتياطات أخرى

وتلافياً لذلك اتبعت شركة الترام طريقة أجدت لدرجة كبيرة فى أول الأمر فبدلا من أن يعود التيار بأجمعه الى محطة التوليد عن طريق القضبان يعود بعضه عن طريقها والبعض الآخر عن طريق كابلات نحاسية أضافية معزولة موصولة من طرف بقضبان الترام فى نقطة ملائمة ومن الطرف الآخر موصولة داخل محطة توليد الكهرباء بدينامو موازن للضغط عمله كعمل المضخة أذ هو يرفع التيار الكهربائى العائد فى الكابل من منسوبه المنخفض إلى منسوب القطب السالب للمحطة .

وقد وَضَعَت شركة الترام أربعاً من تلك الديناموات الموازنة للضغط أو المضخات الكهربائية أحدها موصول بقضبان الترام عند باب الحديد والثانى موصول عند باب الخلق والثالث موصول عند القصر العينى والرابع عند أبى العــــلا .

والمثل الآتى يوضح فعل هذه المضخات الكهربائية فلو فرضنا أن هنالك خطاً مزدوجا من خطوط الترام (كخط شبرا مثلا) طوله حوالى ٧ كيلو مترات ووزن كل قضيب من قضبانه هو ٦ ر٥٢ كيلو جراما للمتر الطولى فأن مقاومة هذا الخط المكون من أربع قضبان تبلغ ٠٠٦٤٧ ر —

أوهم للكيلو متر الوحد أن كانت لحامات قضبانه جيدة فلو فرضنا أن انتيار الكلى الذى يمر فى القضبان قدره ١٢٠٠ أمبيرا موزعا توزيعاً منتظما على الطول بأكمله أى أن التيار لكل كيلومتر يبلغ حوالى ١٧٠ أمبيرا (انظر شكل ٧) فالفرق فى الضغط الكهربائى بين أول خط الترام وآخره يبلغ ٢٩ر٤ فلطا ويكون المنسوب الكهربائى لنهاية الخط البعيدة عن محطة توليد الكهرباء هو + ٨ر٩ فلطا بنسبة منسوب الأرض المتخذ صفرا والمنسوب الكهربائى فى النهاية داخل المحطة هو ـ ٦ر١٩ ـ فلطا تحت منسوب الأرض وإيجاد المنسوب الكهربائى بنسبة الأرض مفترض فيه أن التيار الكهربائى الهارب من القضبان فى المنطقة الموجبة الى الأرض يتناسب مع فرق الضغط الكهربائى بين القضبان والأرض وأن كل الكمية الهاربة من القضبان فى المنطقة الموجبة يعود اليها ثانية فى المنطقة السالبة بحيث يكون معدل دخول التيار الى القضبان مناسباً للفرق بين ضغطها الكهربائى والأرض وفى هذه الحالة يكون منسوب الأرض معين بالخط المستقيم الذى تكون مساحة المنطقة الموجبة فوقه مساوية لمساحة المنطقة السالبة تحته .

ويختلف توزيع التيار والمنسوب الكهربائى للقضبان كما فى الحالة الثانية ان نحن وصلنا بالقضبان عند كيلو ٤ر١٠٠ مثلا بعيداً عن محطة التوليد كابلا كهربائياً معزولا قطاعه النحاسى ٤٥٠ ملليمترا مربعا ووصلنا نهايته الأخرى داخل المحطة بالمضخة الكهربائية التى قلنا عنها فهذا الكابل يسحب من القضبان عند نقطة اتصاله حوالى ٥٠٠ أمبيرا يوصلها الى المضخة الكهربائية وبذلك يتعدل الفقد فى الضغط على قضبان الترام كما فى الحالة

الثانية بحيث يصبح الفرق فى الضغط الكهربائى بين أول خط الترام وآخره ٥ر١٥ فلطا فقط أى نصف ما كان عليه فى الحالة الأولى ويكون المنسوب الكهربائى للقضبان بنسبة منسوب الأرض المتخذ صفراً هو + ٦ فلطاً عند النهاية البعيدة عن محطة التوليد و— ٥ر٩ — فلطاً عند محطة التوليد ولما كان المنسوب الكهربائى لنقطة اتصال الكابل هو + ½ فلطاً والفقد فى الضغط الكهربائى فى الكابل عند حَمْلِه ٥٠٠ أمبيرا هو ٨٠ فلطاً باعتبار مقاومته للكيلومتر الواحد من طوله ٠٣٩ر— أوهم فيكون المنسوب الكهربائى لطرفه الآخر عند المحطة هو — ٥و٧٩ فلطاً وعندئذ فيتحتم على المضخة الكهربائية رفع مقدار ٥٠٠ أمبير من منسوب — ٥ر٧٩ — فلطاً الى منسوب - ٥٠ر٩ فلطاً ليصل التيار للقطب السالب المحطة ويكون الرفع مقداره ٧٠ فلطاً .

والحالة التى أوردناها سابقاً ولو أنها مثل فردى إلا أن نتائجها من حيث الضغط الكهربائى للقضبان وفعل المضخات الكهربائية ليست ببعيدة عن الحقيقة فى شبكة الترام بالقاهرة معتبرة كوحدة واحدة إذ يحدث فعلا فيها أن كلا من مضخاتها الكهربائية يرفع ٥٠٠ أمبيراً تقريباً لرفع يختلف بين ٦٠ و٧٠ فلطاً كما أن الفقد الكهربائى الكلى وصل فى بعض نقط من الشبكة مع النظام الذى نتكلم عنه أى قبل سنة ١٩٢٩ إلى ما لا يقل عن ١٠ فلطاً وهو مقدار كبير على كل حال إذ على اعتبار أننا داخل مدينة ينبغى تطبيقاً للقواعد الفرنسية ألا يزيد هبوط الضغط عن ٧ فلطا على الأكثر على اعتبار أن معمل التوليد فى المدينة وأن معظم خطوط الترام

تقع فى نصف دائرة مركزها معمل التوليد وقطرها ١٤ كيلو مترا .

إدخال حساب التيارات الشاردة

ويجدر أن نلاحظ أننا لم ندخل فى الحساب السابق للفقد فى الضغط الكهربائى أى اعتبار لمقدار التيارات الشاردة المتسربة من القضبان وذلك على اعتبار أن مقدارها من الصغر بدرجة أنه لا يؤثر على الحساب المتقدم ولذا يمكن إغفالها وهذا الافتراض صحيح إن كانت حالة خطوط الترام جيدة من حيث حسن عزلها عن الأرض وجودة لحامات قضبانها ولكن الحال يتغير بشكل محسوس إذا لم تتوفر هذه الشروط .

وقد توصل بعض مهندسى الـ American Bureau of Standards وهم Messrs. Burton, Logan, Mc. Collum إلى وضع معادلات تحدد مقادير الفقد فى الضغط الكهربائى ومقدار التيارات الكهربائية المتسربة من القضبان عند اعتبار الأحوال المختلفة لمقاومة القضبان الكهربائية ومقاومة اتصال القضبان بالأرض وقد أورد الأستاذ بودوسكى فى تقريره المقدم للمؤتمر الدولى الثانى والعشرين للتراموايات والسكك الحديد الكهربائية ذات الأهمية المحلية لسنة ١٩٣٠ خطوطا بيانية مستنتجة من تلك المعادلات فى أحوال مختلفة لخط ترام مفرد طوله ٦ر٩٥ كيلو مترا يدخله التيار الكهربائى بمعدل ٨٢ أمبيرا للكيلو متر أو مايقرب من المثل الذى ضربناه لخط ترام القاهرة (انظر ش ٨) واعتبر فيه التيار المنسوب من القضبان فى الأحوال الآتية :—

(١) مقاومة قضبان الخط المفرد كبيرة وتبلغ ٠٦٦٠ر٠ أوهم للكيلو متر ومقاومة الأتصال بين القضبان والأرض ضعيفة وتبلغ ١٢١ر٠ أوهم للكيلو متر من طول القضبان وهذه حالة ملائمة لتسرب التيار من القضبان وقد بلغ فيها أقصى تسرب من القضبان ٢٢٤ أمبيرا من التيار الكلى البالغ ٥٦٥ أمبيرا أى أن أكبر كمية من التيار الهارب تبلغ ٤٠٪ من التيار الكلى .

(٢) وفى الحالة الثانية كانت مقاومة القضبان متوسطة وتبلغ ٠١٥٢ر٠ أوهم للكيلو متر ومقاومة الأتصال بينها وبين الأرض كالحالة السابقة أى ١٢١ر٠ أوهم للكيلو متر فبلغ أقصى تسرب من القضبان ١١٠ أمبيرا أى بمعدل ١٨٪ من التيار الكلى .

(٣) وفى الحالة الثالثة وهى حالة الخط الجيد كانت مقاومة القضبان هى ٠١٥٢ر٠ أوهما للكيلو متر ومقاومة الأرض جيدة وتبلغ ٤٥ر٠ أوهما للكيلو متر فبلغ أقصى تسرب من القضبان حوالى ٧٪ فقط من التيار الكلى .

وشكل نمرة ٨ يبين أيضا الفقد فى الضغط والمنسوب الكهربائى للقضبان والأرض فى أحوال مختلفة لمقاومة القضبان الكهربائية على اعتبار مقاومة أتصالها بالأرض ثابتة وقدرها ١٣٢ر٠ أوهم للكيلو متر .

ويتبين من هذه الخطوط البيانية أن زيادة مقاومة القضبان له أثر كبير فى زيادة الفقد فى الضغط الكهربائى فيها وبالتالى فى زيادة مقدار التيار المتسرب منها كما أنها تبين أن النقطة القريبة من معمل التوليد هى التى يكون منسوب القضبان الكهربائى فيها أقل ما يمكن عن منسوب الأرض

المعتبر صفراً وأن هذه هى المنطقة التى تعمل كمصرف لتلقى التيارات الشاردة عنـد عودتها للمحطة سواء من الأرض أو من المواسير المعدنية المدفونة فيها .

ومن غير الميسور معرفة توزيع التيارات الشاردة فى الأرض وفى المواسير المعدنية المدفونة فيها لأن هذا التوزيع يتوقف على عوامل كثيرة لا يمكن حصرها عملياً وانما من الوجهة العامة يمكن القول أن تلك التيارات تتبع فى سيرها أقل الطرق مقاومة لها . فلو نحن أتبعنا مسارات التيار المحتملة لوجدناها تخرج من القضبان إلى الأساس الذى يحملها وقد يكون هذا مصنوعا من الدقشوم أو من الخرسانة مثلا أو من فلنكات مصنوعة من الخشب ولـكل من هذه الأنواع مقاومته التى تدخل فى تحديد التيارات الشاردة . يأتى بعد ذلك التربة التى تحمل الأساس وفيها تنتشر التيارات الشاردة فى كل اتجاه فهذه التربة لها مقاومة تختلف باختلاف التربة ان كانت طينية مثلا فمقاومتها أقل من التربة الرملية وعلى مقدار ما تحتويه من الأملاح وعلى درجة الحرارة ومقدار الرطوبة والضغط فكلما زادت هذه العوامل قلت مقاومة التربة ولذلك كانت مقاومة تربة معينة تختلف باختلاف فصول السنة كما تختلف باختلاف موقعها فى المدينة و باختلاف حركة المرور على قضبان الترام فيها . إنما نظراً لـكبر قطاع الأرض فان مقاومتها على العموم لا تعد كبيرة حتى بالنسبة للمواسير المعدنية المدفونة فيها وقد يخرج جزء من التيار الـكهربائى من الأرض ليدخل المواسير المعدنية ان كانت مقاومة الأتصـال السطحى بينهما

صغيرة وعندئذ يسير التيار فى المواسير إلى أن يجد منها مخرجا مناسباً إلى نقطة يكون منسوبها الكهربائى أقل من المنسوب الكهربائى للماسورة عندها وتلك النقطة إما أن تكون هى قضبان الترام أو الأرض نفسها (ان كانت مقاومة الاتصال ومقاومة الأرض فى تلك النقطة ضعيفة لسبب ما) أو إلى ماسورة أخرى قريب وضعها فى تلك المنطقة من الماسورة التى يسير فيها التيار أو إلى الغلاف المعدنى لكابل مسلح الخ . . ويلاحظ كما سبق القول أن نقطة خروج التيار من الماسورة هى التى يحدث فيها التآكل الكهربائى فى الماسورة مادامت شدة التيار الخارج مناسبة وقد حددت الاشتراطات الألمانية شدة التيار التى يخشى عندها من تآكل المواسير بقدر ٠٫٧٥ ملى أمبيراً لكل ديسيمتر مربع من سطح الماسورة على أنه يلاحظ أن وضع المواسير بعيدة عن قضبان الترام يقلل التيارات التى تصل إلى المواسير ولو أنه لا يقلل مقدار التيارات الشاردة من القضبان .

يتبين مما تقدم أنه من العسير تحديد توزيع التيارات الشاردة فى الأرض والمواسير المدفونة بها وكان الاعتقاد بأن كل أو معظم التيارات الشاردة من القضبان تمر فى المواسير المدفونة بالأرض ولا تتركها إلا للعودة ثانية للقضبان لا يمثل الحقيقة دائماً .

وتطبيقاً لما تقدم على شبكة شركة الترام بالقاهرة إلى عام ١٩٢٩ يتضح أنه كان هناك فقد كبير فى الضغط الكهربائى رغم استعمال المضخات الكهربائية فى تخفيف أثره وكان من جرائه تسرب التيارات الكهربائية

إلى المواسير المعدنية المختلفة فى شوارع القاهرة ليعود منها ثانية إلى القطب السالب لمحطة توليد الكهرباء بساحل الغلال ولذا كانت هذه المنطقة القريبة من المحطة هى التى يصفى التيار من المواسير التى بها الى أكبر حد مما يدعو الى سرعة اتلافها

وفى الواقع كانت المواسير المعدنيـة لشركة الغاز ولمصلحة المجارى الموضوعة فى هذه المنطقة عرضة للتآكل السريع وكان تغييرها فى فترات متقاربة أمر لا مناص منه ولا يمكن أن يعزى ذلك التآكل إلى الأسباب الأخرى العادية كالصدأ أو فعل الأملاح الموجودة عادة فى الأرض على أن الذى تحمل أكبر نصيب من التلف فى هذه المنطقة كانت شبكة مواسير شركة المياه حيث كانت عرضة لتآكل مستمر لم تسجله الشركة إلا من عام ١٩٢٢ وقد استفحل أمره بعد ذلك بشكل يلفت النظر خصوصاً فى مواسير كبيرة القطر تلفت بعد حوالى ست سنوات كما أن هناك مواسير ساءت حالتها جداً بعد وضعها بثلاث سنوات فى تلك المنطقة رغم حمايتها بطبقة من بياض القطران العازل للكهرباء وفى اعتقادنا أن وجود هذه الطبقة يدعو إلى زيادة التآكل لا إلى تقليله فأن مجرد حدوث تلف موضعى بسيط فى أى نقطة من هذه الطبقة يترتب عليه تصفية التيارات الكهربائية الموجودة فى خط المواسير من تلك النقطة فيتركز فيها فعل التحلل الكهربائى وسرعان ماتتلف وشكل (٩) يبين أجزاء من خطوط المواسير الآنفة الذكر بعد أن تلفت .

ومما يذكر بهذه المناسبة أنه حدث عند الكشف على مواسير

شركة المياه بساحل الغلال أن أمكن للتيار الكهربائى الخارج منها أن يدير محركا كهربائياً صغيراً . كما حدثت ظاهرة أخرى للتآكل فى مواسير الشركة بشارع الأنتكخانة لم يكن المتسبب فيها قضبان الترام بل الغلافات المعدنية للكابلات المسلحة الناقلة لتيار شركة الترام فقد صادف أن كان هناك خط مواسير يقع فى طريقه ويمر تحت عدة كابلات مسلحة وكانت المسافة الرأسية بين الكابلات والسطح الأعلا للمواسير بسيطة تبلغ حوالى ٢٠ سنتيمتر فلوحظ أن التآكل حدث فى الماسورة الواقعة تحت الكابلات وامتد فعله إلى حوالى ثلاثة أمتار من طولها وكان ذلك ناشئاً بطبيعة الحال من خروج التيارات الشاردة من المواسير ودخولها فى الغلافات المعدنية للكابلات لتصل من هذا الطريق إلى المحطة وقد استدعى ذلك اتخاذ احتياطات خاصة فى تلك النقطة لعزل المواسير من الكابلات بواسطة الكاوتشوك والقطران لإعاقة خروج التيار إلى الكابلات

وقد كان فرط تآكل مواسير شركة المياه مدعاة لرفع قضية منها فى أوائل عام ١٩٣١ على شركة ترام القاهرة تحملها مسئولية الأضرار التى لحقت بمواسير المياه وقد أدخلت شركه الترام بدورها وزارة الأشغال فى الدعوى مقررة بعدم مسئوليتها ومحملة الحكومة على وجه الأحتياط المسئولية عن ذلك وقد عينت المحكمة أحد الخبراء الكهربائيين الأجانب فى أبريل سنة ١٩٣١ لبحث الأمر غير أنه وجد أن الأستمرار فى الدعوى ليس فى مصلحة أحد من الأطراف الثلاثة وهم الحكومة وشركة المياه وشركة الترام وارتأت وزارة الأشغال أن حل النزاع بالطرق الودية أجدى للجميع

فوضعت فى شهر يونيو سنة ١٩٣١ حلا قبله الأطراف الثلاثة ويتلخص فى أن يتحمل كل منهم ثلث الأضرار التى لحقت شركة المياه بسبب تآكل مواسيرها التى رفعت بمقتضاها الدعوى وذلك مع احتفاظ كل من أطراف النزاع بوجهة نظره من حيث المسئولية وأنه ليس للحكومة شأن بعد ذلك فيما يختص بالمواسير الموجودة أو التى ستوضع وما يلحقها من الضرر فيما بعد وكان نصيب كل طرف فى تعويض الأضرار السالفة الذكر ثمانمئة جنيه .

وعقب هذا الاتفاق اخذت كل من شركتى المياه والترام فى اتباع وسائل جديدة لتخفيف فعل الالكتروليز فقامت شركة المياه بوضع وصلات فى مواسيرها تزيد فى المقاومة الكهربائية لسير التيار بها وهذا بطبيعة الحال يقلل مقدار التيار الذى يدخلها والذى يخرج منها الى قضبان الترام واتبع وضع هذه الوصلات على ابعاد كبيرة فى المناطق البعيدة عن محطة ساحل الغلال مع تقريب الوصلات من بعضها بجوار تلك المحطة وشكل ١٠ يبين وصلة من التى اتبع عملها فى مواسير شركة مياه القاهرة حيث يلاحظ تغيير المواسير عندها من الطرز ذى الرأس والذيل spigot & socket الى الطرز ذى الشفة القائمة . كما أن الشكل يحوى وصلة أخرى يمكن استعمالها فى المواسير ذات الرأس والذيل مباشرة على أن تتم الوصلة فى هذه الحالة بالاسمنت والخيش والكاوتشوك . وليس من الميسور وضع قاعدة للمسافات بين كل وصلة وأخرى فالعمدة فى ذلك على التجارب اذ إبعاد هذه الوصلات عن بعضها كثيرا قد يؤدى الى خروج التيار من خط المواسير قبل إحدى

الوصلات الى الأرض فيحدث التآكل فى المواسير عند تلك النقطة أن وصل مقدار التيار الى الحد المناسب ونفس هذه الظاهرة قد تحدث أيضاً اذا كانت مقاومة الوصلة كبيرة جدا لدرجة أنه يكون الأسهل للتيار الكهربائى أن يخرج من المواسير قبل الوصلة الى الأرض ثم يعود للمواسير ثانية بعد الوصلة متفاديا المرور فيها وطريقة وضع الوصلات العازلة طريقة ناجعة على العموم ولعلها توصل إلى تقليل الفعل الضار للتيارات الشاردة فى مواسير شركة المياه

شركة الترام وتطور شبكتها

وأما شركة ترام القاهرة فقد رأت وجوب معالجة الحال على وجه يكفل من جهة تخفيف فعل التيارات الشاردة فى تآكل المواسير إلى أقل درجة ممكنة حالا واستقبالا ومن جهة أخرى يكفل تجهيز شبكة الترام بالمعدات التى تسمح لها بالامتداد والاتساع تمشيا مع كبر نطاق مدينة القاهرة حتى تكون الشبكة وافية فى كل الحالات بحاجة المدينة مع مراعاة جانب الاقتصاد الى أقصى حد ممكن

فمن جهة تقليل التيارات الشاردة اتبعت الشركة كما قدمنا وضع المضخات الكهربائية ورأينا فيما سبق عدم وفائها بالحاجة وزادت عليها العناية بشأن قضبان الترام ووصلاتها فغيرت القضبان الصغيرة القطاع بأخرى كبيرة القطاع تزن حوالى ٥٢ كيلو جراما للمتر الطولى كما أنها اتبعت فى الايصال الكهربائى لقطع القضبان ببعضها طريقة اللحام الألومينو ترميكى واتخذت معدن القضبان من الصلب المحتوى على الكروم

والنيكل الممكن لحامه بدلا من اتخاذه من الصلب غير القابل للحام وقد أدخل استعمال هذه الطريقة للحام من سنة ١٩٢٣ وتتخلص فى تجميع طرفى القضيبين المطلوب لحامهما فى قالب بعد تنظيفهما جيداً ثم يسخن مسحوق يحوى أكسيد الحديد والالومنيوم لدرجة يحدث معهما تفاعلا كيماوياً عند إضافة بودرة الاشتعال اليه وعند صبه فى القالب تزيد درجة الحرارة لدرجة أن يتم معها اللحام بواسطة الحديد الذى يذهب عنه أوكسيجينه وقد أغنت هذه الطريقة عن توصيلات النحاس التى كانت مستعملة قبلا للوصل الكهربائى لجزئى القضيب وقد لحم بهذه الطريقة حوالى ٩٠ كيلو مترا من شبكة الترام ولم يبق إلا ٦٠ كيلو مترا منها وبواسطة هذه الطريقة تقل مقاومة نقط اللحام الى درجة كبيرة بحيث يصبح خط الترام من الوجهة الكهربائية كموصل مستمر متجانس ولايضاح أهمية ذلك نقول أن الأنظمة المتبعة فى المانيا تقضى بألا تزيد مقاومة كل وصلة بين جزء قضيب وآخر عن مقاومة قضيب طوله عشرة أمتار على ألا يزيد مجموع مقاومة الوصلات فى خط ترام ماعن ٢٠٫٠ ٪ من طول خط الترام بأجمعه وتقضى الانظمة الفرنسية بوجوب العناية بالوصلات بين أجزاء قضبان الترام وينبغى ألا يزيد فقد الضغط المتوسط فى أى وصله عن خمسة مليفولط فى المناطق داخل المدينة ولما كان عدد الوصلات فى الكيلو متر هو حوالى ٥٠ وهبوط الضغط المسموح به فى الكيلو متر هو ١ فولط فكأن مقاومة اللحامات تصل الى ربع المقاومة الكلية للخط فنرى فى الحالتين أن شركة ترام القاهرة بالطريقة التى تتبعها بلحام أجزاء القضبان بطريقة الالومنيوترمى قد عملت على أجراء

تخفيض مهم فى فقد الضغط الكهربائى فى قضبانها يعادل ال ٢٥ ٪ تقريباً من الفقد الكلى المسموح به فى الممالك الأخرى وزادت الشركة على ذلك أن اتبعت ايصال القضبان ببعضها كهربائيا فى نقط تقاطع عدة خطوط ترام مستعملة فى ذلك كابلات نحاسية كبيرة القطاع حتى يمكن القول أن كل قضبان شبكة الترام هى بمثابة موصل واحد مقاومته هى مقاومة المعدن المصنوع منه فقط.

ومع ما لهذه الاحتياطات من الأهمية فأن استمرار تآكل المواسير المعدنية الموضوعة فى باطن الأرض دعت الشركة الى التفكير فى حل آخر أوسع مدى وأبعد أثرا من الحلول الموضعية السابقة ويترتب عليه تغيير جوهرى فى نظام تغذية أسلاك الترولى للقاطرات وفى مسار التيار العائد فى القضبان وقد بدأ التفكير فى هذا الحل من سنة ١٩٢٦ وبدىء فى وضع مشروعه موضع التنفيذ من سنة ١٩٢٩ والعمل مستمر فيه للآن

وفى هذا المشروع تنقسم شبكة الترام الى عدة مناطق هى (خمس) تغذى كل منطقة محطة فرعية قوتها تناسب القوة المطلوبة للمنطقة فيخرج التيار من تلك المحطة الفرعية ويعود ثانية اليها عن طريق القضبان وكابلات العودة وبذلك يقل طول مسار التيار فى الذهاب والعودة الى درجة كبيرة جدا كما يقل معها مقدار التيار العائد فى القضبان الى الحد الذى يناسب قوة المحطة الفرعية بصرف النظر عن القوة الكلية لشبكة الترام و بدورها تغذى تلك المحطات الفرعية بتيار متغير ذى ضغط عال يتولد فى محطة توليد خاصة ويتم فى المحطات الفرعية تحويل ذلك التيار الى تيار مستمر على ضغط

قدره ٦٠٠ فلطا يغذى أسلاك الترولى لشبكة الترام

وقد بُدِىءَ فى تطبيق هذا المشروع من سنة ١٩٢٩ بانشاء محطة فرعية عند باب الحسينية كانت تأخذ التيار المتغير من شركة ليبون على ضغط قدره ١٠٠٠٠ فلطا وظلت على هذا الحال الى يونيه سنة ١٩٣٣ حين قطع عنها التيار من شركة ليبون وأصبحت تغذيتها تتم بواسطة معمل توليد الكهرباء الذى أنشأته الشركة المصرية للكهرباء بشبرا وعند أتمام إنشاء المحطات الفرعية كلها وتشغيلها يمكن الاستغناء بالكلية عن معمل توليد الكهرباء الحالى بمنطقة ساحل الغلال والذى يولد التيار المستمر

وتتكون كل محطة من المحطات الفرعية لتحويل التيار من متغير الى مستمر من مجموعة أو أكثر تشتمل كل منها على محول ومقوم زئبقى للتيار فالمحول يصل الى لفاته الأولية التيار المتغير على ضغط قدره ١٠٠٠٠ فلطا فيخفض الضغط الى مايزيد بقليل عن الضغط الكهربائى المستمر المطلوب لتغذية خطوط الترام أى حوالى ٦٠٠ فلطا وذلك فى لفاته الثانوية التى توصل نهايتها بمقوم التيار الزئبقى

واما المقوم الزئبقى فعمله أن يُبْدِل التيار المتغير الذى يصل اليه الى تيار مستمر لتغذية خطوط الترام ولا يخفى أن هناك آلات مختلفة تستطيع القيام بنفس هذه الوظيفة لكن المقوم الزئبقى للتيار هو أفضلها فى حالة شبكة ترام القاهرة وفى الأحوال المماثلة فى الجر الكهربائى عموماً فى المناطق المنبسطة القليلة الانحدار بخلافه المناطق الجبلية ونظرا لأن المقومات الزئبقية لم يكن ميسوراً إنشاء وحدات كبيرة القوة منها إلا بعد سنة ١٩٢٤

فقط حيث بدأ التطور فى إنشائها واستمر الى الآن فقد كان ذلك مدعاة لعدم انتشار استعمالها فى أول الأمر أو الاحتياط باستعمال الوحدات القليلة القوة لنجاح تجربتها وكان مظهر ذلك اكتفاء شركة ترام القاهرة فى مشروع تحويل نظام شبكتها الذى درسته فى سنتى ١٩٢٦ — ١٩٢٧ أن اقترحت وضع محطات فرعية عددها ثمان بها مجموعات صغيرة القوة وأنشأت فعلا محطة باب الحسينية سنة ١٩٢٩على ذلك النمط حيث تبلغ قوة كل مقوم بها حوالى ٦٠٠ كيلواط إلا أن المشروع الحالى الجارى تنفيذه اتبع فيه وضع وحدات من قوة ١٢٠٠ كيلواط مما دعا إلى تقليل عدد المحطات الفرعية إلى خمس بدلا من ثمان وهو مما يترتب عليه وفر محسوس فى التكاليف وفى نفقات تشغيل المحطات .

وتتكون مقومات التيار الزئبقية من وعاء كبير الحجم مقفل بأحكام مجهز بطلمبات لاحداث فراغ فيه يقرب من الفراغ المطلق ويصل إلى $\frac{1}{1000}$ من ملليمتر زئبق وفى أسفل هذا الوعاء قطب مكون من الزئبق وفى أعلاه أقطاب متعددة توصل بالمحول الذى يوصل التيار المتغير فبواسطة قطب كهربائى مساعد يحدث قوساً كهربائياً بينه وبين الزئبق تتكون بقعة مضيئة على سطح الزئبق تكون هى مصدر خروج الألكترونات أو شحنات الكهربائية السالبة بكثرة متجهة إلى الأقطاب العليا فتشتعل أقواس كهربائية بين القطب الزئبقى وبين الأقطاب الأساسية الأخرى ويمر التيار الكهربائى فى هذه الأقواس ما دام المنسوب الكهربائى للأقطاب الأساسية أعلا من المنسوب الكهربائى للقطب الزئبقى حتى تنجذب إليها

الشحنات السالبة السابقة الذكر وإذا انعكس الوضع بأن كان المنسوب الكهربائى للزئبق هو الأعلى فان التيار الكهربائى لا يمر لأن الشحنات الكهربائية السالبة تنطرد عن الأقطاب العليا بدلا من أن تنجذب اليها وعلى ذلك فعند تغذية الأقطاب العليا بالتيار المتغير الذى تكون نصف ذبذبته موجبة والنصف سالبة فان التيار يمر فيها إلى القطب الزئبقى فى نصف الذبذبة الموجبة ويمتنع مروره فى نصف الذبذبة السالبة وبذلك يتم تقويم التيار الخارج من القطب الزئبقى فيصبح كله تياراً مستمراً ينقل لتغذية قاطرات الترام (أنظر شكل ١١)

وأوجه أفضلية المقوم الزئبقى السابق وصفه على الآلات الأخرى المقومة للتيار المتغير هى : —

أولا — لا يحتوى المقوم على أجزاء رئيسية متحركة فوضعه حتى فى المناطق الأهلة بالسكان لا يزعجهم علاوة على توفيره فى الصيانة والتزييت الخ . . مما تستلزمه الالات الدائرة .

ثانياً — يصمد بسهوله لقوات كهربائية تزيد كثيراً عن حمله الكامل من غير أن يعتريه أى تلف فبعض الوحدات الموردة لشركة الترام مثلا يمكنها أن تصمد لحمل يزيد بقدر ٦٠ ./. عن حملها الكامل مدة نصف ساعة دون أن يلحقها أى ضرر كما أنها تستطيع أيضاً احتمال تيار اللفة القصيرة وهذه الظروف لا تتوفر فى الالات الدائرة التى قد يصيبها التلف فوراً من جراء ذلك .

ثالثاً — جودة المقوم الزئبقى كبيرة جداً وتزداد كلما ازداد ضغط التشغيل الكهربائى وهذه الجودة ثابتة تقريباً مهما اختلف الحمل عليه

وتبلغ حوالى ٩٧ ./. وثبات الجودة مع اختلاف الحمل مزية كبيرة فى حالة الجر الكهربائى نظراً لاختلاف الحمل على الشبكة فى كل لحظة .

رابعاً — لا يستلزم المقوم وضع أساسات خاصة كما أن الحيز الذى يشغله المقوم محدود جداً بنسبة القوة التى تخرج منه مما يترتب عليه وفر محسوس فى المبانى .

وبيان المحطات الفرعية الخمس فى مشروع شركة ترام القاهرة الجارى تنفيذه الآن من حيث القوة والمنطقة التى تحكمها من خطوط الترام والتيار العائد لكل محطة هو كالآتى : —

اسم المحطة الفرعية	الجهة التى تتغذى منها بالتيار الكهربائى فى الوقت الحاضر	تاريخ تشغيل المحطة بالتيار المتغير	قوة المحطة الكلية كيلوات	عدد مجموعات تحويل التيار عدد × كيلوات	مقدار التيار العائد لها أمبيرا
باب الحسينية	إلى يونيو سنة ٩٣٣ من ليبون وبعد ذلك من شبرا	سنة ١٩٢٩	١٨٠٠	٣×٦٠٠	١٨٢٠
ماسبيرو	معمل توليد الكهرباء الحالى عند ساحل الغلال	سيتم فى ٩٣٤	٢٤٠٠	٢×١٢٠٠	٢١٨٠
شبرا	معمل التوليد بشبرا	سنة ١٩٣٣	١٢٠٠	١×١٢٠٠	١٢٧٠
المبتديان	معمل التوليد بشبرا	سنة ١٩٣٣	١٢٠٠	١×١٢٠٠	٢١٨٠
الجيزة	معمل التوليد الحالى	سيتم فى ٩٣٤	٦٠٠	١×٦٠٠	٥٥٠
		المجموع	٧٢٠٠		٨٠٠٠

ولو فرض أن زاد الحمل كثيرا على المحطات السابقة ففى الامكان وضع محطة أخرى إضافية لمعاونتها فى العتبة الخضراء . وفيما يلى وضع هذه المحطات الفرعية ومعمل التوليد بشبرا (شكل ١٢) الذى يغذيها بالتيار المتغير ذى الضغط العالى وقدره ١٠٠٠٠ فلطا البالغ تردده ٥٠ ذبذبة فى الثانية وكذا الكابلات تحت الارضية وتحت النهر الناقلة لذلك التيار (شكل ١٢)

أما (شكل ١٣) فيبين موضع كل محطة فرعية والمنطقة التى تحكمها من خطوط الترام

ومزايا النظام المذكور آنفا واضحة فتقصيره لمسار التيار الذاهب إلى قاطرات الترام بسبب صغر مساحة المنطقة التى تغذيها كل محطة فرعية يسمح بالاقتصاد فى قطاعات وأطوال الكابلات المسلحة التى تنقل التيار الى خطوط الترولى ويترتب على ذلك أيضاً صغر الجهد المفقود فى تلك الكابلات وبالتالى الاقتصاد فى استهلاك القوة الكهربائية كما أن ذلك يسمح فى الوقت عينه بتوفير ضغط كهربائى على القاطرات لا يقل إلا بيسير عن الضغط فى المحطة الفرعية وبذلك يستقيم حال تشغيل محركات القاطرات والأضاءة الكهربائية فيها مما لم يكن ميسورا مع النظام القديم حيث كان ينحط الضغط قرب نهاية الخطوط البعيدة عن محطة التوليد إلى درجة غير مرغوب فيها

وهذه الملاحظات تنطبق أيضاً على التيار العائد الى المحطات الفرعية فأن تقصير مساره مع كبر قطاع القضبان وجودة وصلاتها يؤدى بطبيعة الحال الى تقليل الضغط المفقود فيها وذلك من العوامل الأساسية لتقليل

ظاهرة التحلل الكهربائي للمواسير المعدنية المدفونة في شوارع القاهرة قريبة من قضبان الترام كما قدمنا القول ويترتب أيضا على تقليل طول مسار العودة الأستغناء عن المضخات الكهربائية السابق استعمالها والتوفير في الكابلات المخصصة لعودة التيار الى المحطة وفى كل ذلك وفر إضافي لا في أثمان المهمات فقط بل وفى الجهد الكهربائي المفقود أيضاً

وفيما يلي بعض فوتوغرافيات عن إحدى المحطات الفرعية هي محطة شبرا : —

شكل ١٤ منظر عام للمحطة الفرعية ظاهر فيه أبواب حجر المحولات ذات الضغط العالى

شكل ١٥ أحد مقومات التيار قوة ١٢٠٠ كيلوات كامل بأجهزته

شكل ١٦ صورة لوحة توزيع التيار للمحطة .

شكل ١٧ وهو خاص بكابلات التيار العائد إلى المحطة الفرعية ويلاحظ أنه إذا قصر طول إحدى كابلات التيار العائد توصل به مقاومة إضافية لتنظيم مقدار التيار العائد فيه

شكل ١٨ وهو خاص بالمحطة الفرعة الموجودة بشارع المبتديان وهى تبين نهاية كابلات التيار العائد للمحطة ويلاحظ أن توصيلاتها للقطب السالب للمحطة تتم بواسطة قطع نحاسية يمكن في أى وقت نزعها واستبدالها بنهايتى أمبيرومتر للتأكد من مقدار التيار العائد في كل كابل

خاتمة : كان موضوع تغيير نظام تغذية شبكة ترام القاهرة تحت البحث في وزارة الأشغال من سنة ١٩٢٧ وأذكر أنى قدمت عنه في

فبرايرسنة ١٩٢٨ مذكرة عن مدى انتفاع شركة الترام من النظام الحديث الذي تقترحه والذي يختلف عن الجاري تنفيذه الان من حيث عدد المحطات الفرعية فقط التي طلبت الشركة في ذلك الوقت جعلها ثمان بدلا من خمس كما تقدم القول وعلى سبيل إعطاء فكرة عامة عن مدى هذا الانتفاع أذكر من تلك المذكرة وهي تطابق حالة المرور على خطوط الترام والقوة المستهلكة فيها من نيف وست سنوات الفقرات الآتية :.

نلاحظ أن المزايا الاقتصادية ومزايا الأمن ومنع تآكل المواسير المعدنية الخ . . التي تجنيها الشركة تزداد زيادة عظيمة كلما كبرت شبكتها الكهربائية وامتدت وكذا كلما زادت على خطوطها حركة المرور وهذا ما يمكن التنبؤ به من الان إذ أن مدينة القاهرة تمتد امتداداً كبيراً في أنحائها المختلفة وهذا يدعو بطبيعة الحال وفي المستقبل القريب إلى مد خطوط ترام جديدة في الأحياء الحديثة الانشاء ومحطة توليد الكهرباء الحالية والطريقة الحالية لن تكفيا لمقابلة الحالة المستقبلة ولكننا على كل حال سنقصر المقارنة باعتبار اتباع مشروع الشركة في الوقت الحاضر وفي الظروف الحالية للحركة على خطوط الترام المختلفة وتنحصر المزايا الاقتصادية لذلك المشروع فيما يلي :

١ — يتوفر من القوة التي تفقد في كابلات النظام الحالي حوالي ١٨ ٪ .

٢ — يستغنى عن المجموعات الأربع التي تنظم فرق تكهرب القضبان

٣ — يتوفر من وزن النحاس الذي تحويه كابلات التغذية والخطوط

الهوائية الحالية ٧٢ ٪ .

٤ — ان الكابلات الحالية ذات ضغط ٥٥٠ فلطاً أصبحت قديمة العهد ويرجع تاريخ بعضها إلى سنة ١٨٩٤ وقد يضطر الأمر فى الوقت الحاضر إلى تغيير أقسام كبيرة منها ولا شك أنها ستغير كلها فى المستقبل ما دام أمام شركة الترام ٥٠ عاما أخرى على انتهاء امتيازها فمن مصلحة الشركة والحالة هذه وهى ستغير الكابلات على كل حال أن تغيرها مع استعمال طريقة توزيع التيار بضغط عال على محطات فرعية .

ولكن يجب ألا ننسى أنه مقابل المزايا السالفة فستتكلف الشركة نفقات لا يستهان بها فى انشاء المحطات الفرعية وكابلات الضغط العالى .

هذا ما كتبته فى سنة ١٩٢٨ وأستطيع الآن أن أدلى فيما يلى بالتكاليف التى تتكبدها فعلا شركة ترام القاهرة فى تنفيذ مشروعها الجديد الذى يحوى خمس محطات فرعية ولا يدخل فى هذه التكاليف نفقة إنشاء محطة توليد الكهرباء بشبرا التابعة للشركة المصرية للكهرباء وكافة هذه المحطة بمفردها حوالى ٣٠٠,٠٠٠ جنيه .

أولا — المحطات الفرعية .

تكاليف المبانى والآلات ولا يدخل فيها ثمن أراضى المحطات

اسم المحطة الفرعية	المبانى	الآلات	المجموع
	جنيه	جنيه	جنيه
باب الحسينية	٤٩١٥	٢٨٥٦٠	٣٣٤٧٥
شبرا	١٩٧٨	١٧١٥٩	١٩١٣٧
المبتديان	٢١٧١	١٧٦٩٩	١٩٨٧٠
الجيزة	١٥٠٠	١٢٣٣٩	١٣٨٣٩
ماسبيرو	٣٠٠٠	٢٠٠٠٠	٢٣٠٠٠
المجموع	١٣٥٦٤	٩٥٧٥٧	١٠٩٣٢١
ثانيا كابلات الضغط العالى ١٠٠٠٠ فلط الموصلة من محطة التوليد بشبرا إلى المحطات الفرعية طول ١٠٠ كيلو متر			٦٠٠٠٠
ثالثا — محطات القطع والأكشاك لتلك الكابلات			٦٦٤٠
المجموع الكلى للمشروع			١٧٥٩٦١

وعينات كابلات الضغط المنخفض والضغط العالى التى ركبت موجودة أمام حضراتكم الان فمن بين كابلات الضغط المنخفض ما هو مخصص لعبور النهر ومنها المعد لوضعه تحت الأرض والفرق بينهما هو أن المادة العازلة فى الكابلات النهرية تصنع من الكاوتشوك كما أنها تسلح بأسلاك فولاذية تسير بطول الكابل وتحيط به ليكون للكابل المرونة الكافية فى تركيبه بينما أن عزل الكابلات تحت الأرض يتم بواسطة الورق لرخصه كما يتبع فى تسليحها لفها بشريط من الفولاذ

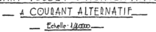
والان أنتهز الفرصة لأقدم خالص الشكر لحضرة صاحب المعالى رئيس الجمعية الذى كان له الفضل الأكبر فى حسن استعداد شركة ترام القاهرة لا سيما جناب باشمهندس الشركة المسيو ويبو فى إمدادى بكل ما طلبته من البيانات والصور وختاما أشكر لحضراتكم حسن استماعكم للمحاضره .

TRAMWAYS du CAIRE

AVANT PROJET D'ALIMENTATION

A COURANT ALTERNATIF

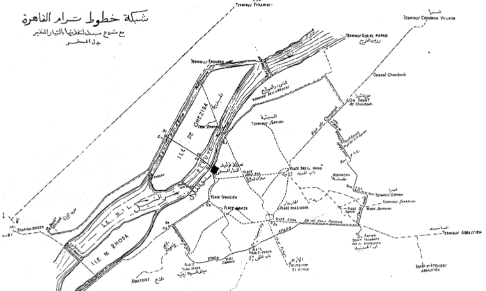
Echelle : 1/4000



شبكة خطوط ترام القاهرة

مع مشروع مبسط لتغذيتها بالتيار المتغير

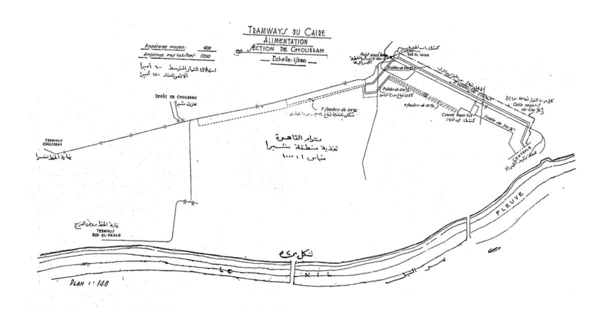
بدل المستمر



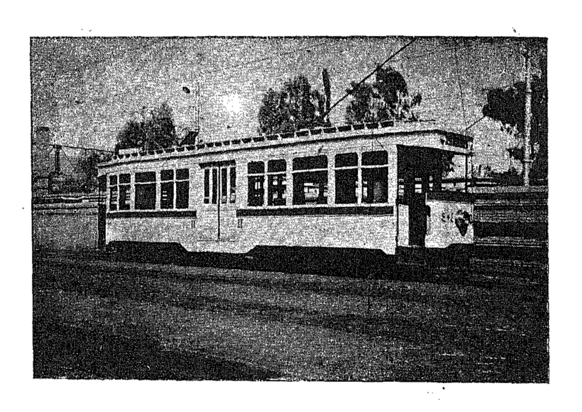
PLAN Nº 72 B

شكل ١٠

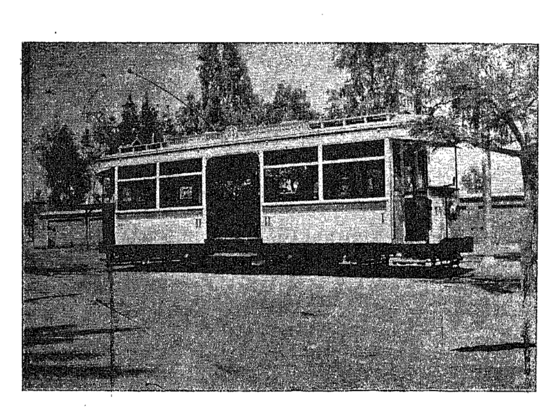
الكابلات	LEGENDE		المحطات الفرعية
C1	Cabine Usine	S1	Sous station Usine
C2	Kasr el Nil	S2	Vieux Caire
C3	Vieux Caire	S3	Bab el Khalk
C4	Bab el Khalk	S4	Ataba
C5	Boulac	S5	Bab el Hamad
C6	Abou el Ela	S6	Choubrah
C7	Bab el Hadid	S7	Bahr el Azma
C8	Ghezireh	S8	Ghizeh
C9			
C10	Bahr el Azma		
C11			



TRAMWAYS DU CAIRE
ALIMENTATION
SECTION DE CHOUBRAH
Echelle: 1/1000
Ampérage moyen: 600
Ampérage max habituel: 1200
DEPÔT DE CHOUBRAH
TERMINUS CHOUBRAH
TERMINUS ROD-EL-FARAG
CABINE BAB EL HADID
Câble négatif de 630 %
CENTRALE
FLEUVE
LE NIL
ترام القاهرة
تغذية منطقة شبرا
مقياس ١ : ١٠٠٠
شكل رقم ٤
PLAN 1:148



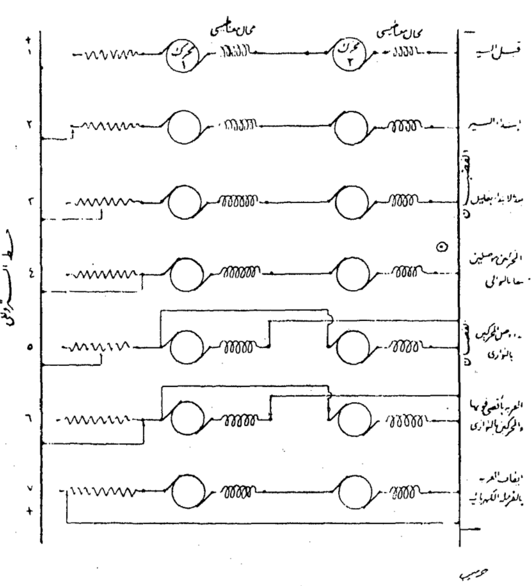
شکل ۳



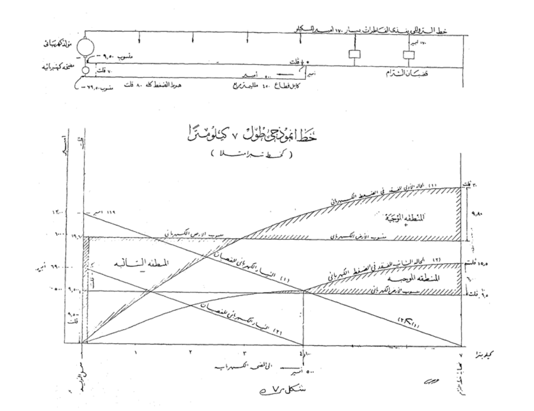
شكل ١٤

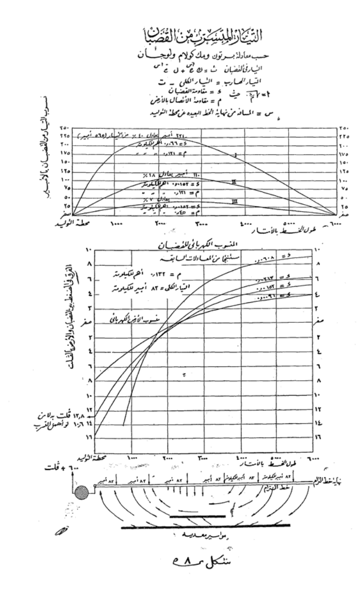
أدوار تسيير القاطرة

وتجميع محركيها كهربائيا



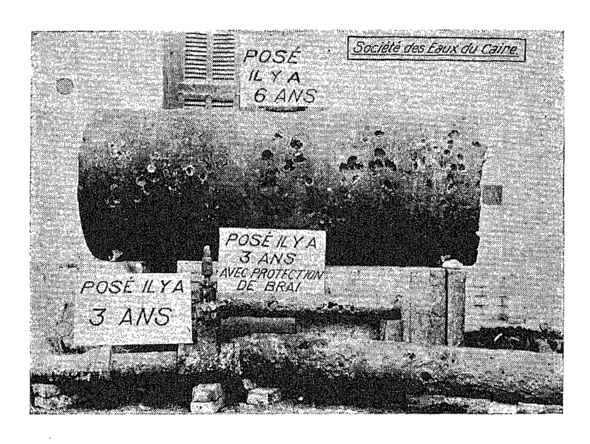
شكل رقم ٥


خط السترولي بينه الى القاطرات بتيار ١٧٠ أمبير للكيلو
مولد كهربائي
منسوب ٩,٥٠ -
مضخة كهربائية
٧٠ فلت
منسوب ٧٩,٥٠ -
هبوط الضغط كله ٨٠ فلت
٥٠٠ أمبير
كابل قطاع ١٥٠ مليمتر مربع
+ ٥ فلت
١٧٠ أمبير
قضبان الترام
خط انموذجي طول ٧ كيلومترا
(كخط شبرا مثلا)
(١) الحالة الأولى للفقد في الضغط الكهربائي
المنطقة الموجبة
منسوب الأرض الكهربائي
(٢) الحالة الثانية للفقد في الضغط الكهربائي
المنطقة الموجبة
منسوب الأرض الكهربائي
٣٠ فلت
٩,٨٠
١٥,٥ فلت
٩,٥ فلت
١١٩ أمبير
١٢٠٠
١٠٠٠
١٩,٦٠
٦٩٠ أمبير
٥٠٠
٩,٥٠
٩,٥٠ - فلت
المنطقة السالبة
(١) التيار الكهربائي للقضبان
(٢) التيار الكهربائي للقضبان
(١)(٢)
١
٢
٣
٤
٧
كيلومترا
الى المضخة الكهربائية
٥٠٠ أمبير
شكل ٧



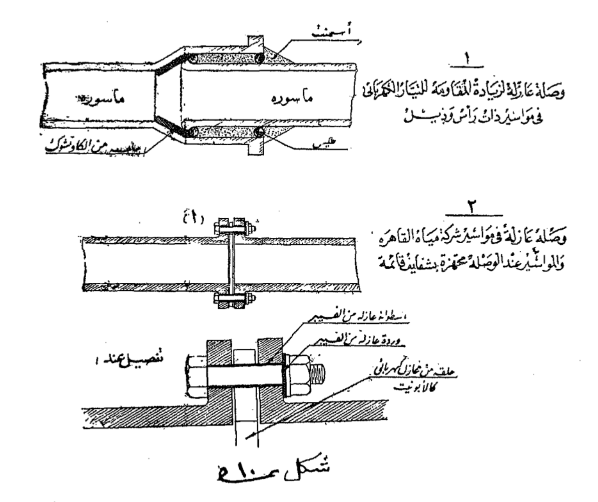
التيار المتسرب من القضبان
حسب معادلة برتون ومك كولام ولوجان
التيار الهارب = التيار الكلي ـ ت
ى = مقاومة القضبان
م = مقاومة الاتصال بالأرض
س = المسافة من نهاية الخط البعيده عن محطة التوليد
تسرب التيار من القضبان بالأمبير
محطة التوليد
طول الخط بالأمتار
المنسوب الكهربائي للقضبان
مستنتجا من المعادلات السابقه
م = ١٣٢ر٠ أوم للكيلومتر
التيار الكلي = ٨٢ أمبير للكيلومتر
منسوب الأرض الكهربائي
الفرق في الضغط بين القضبان والأرض بالفلت
١٣٫٨ فلت بدلا من ١٠٫٦ لو أهمل التسرب
٦٠٠ + فلت
نهاية خط الترام
خط الترام
مواسير معدنية

شكل ٢٨

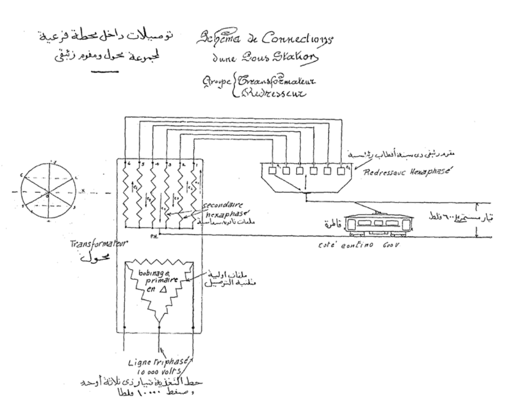

Société des Eaux du Caire
POSÉ
IL Y A
6 ANS
POSÉ IL Y A
3 ANS
AVEC PROTECTION
DE BRAI
POSÉ IL Y A
3 ANS

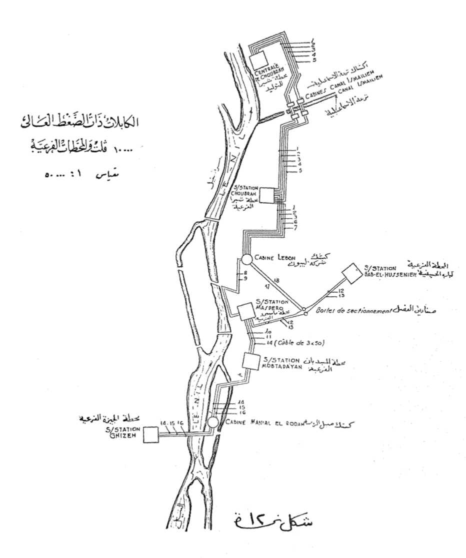
شكل ٩

الوصلات العازلة بالمواسير المعدنية

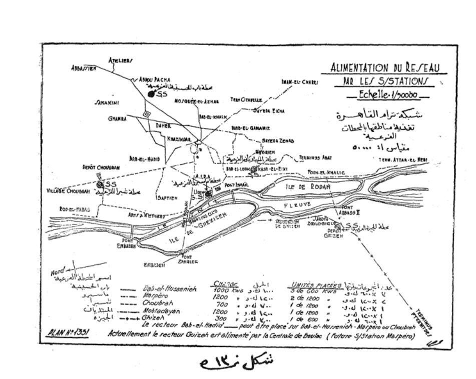


شكل ١٠

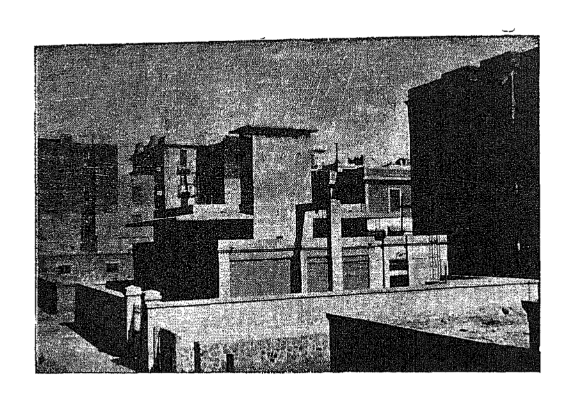

توصيلات داخل محطة فرعية
لمجموعة محول ومقوم زئبقي
Schéma de Connections
d'une Sous Station
Groupe Transformateur
Redresseur
مقوم زئبقي ذي ستة أقطاب رئيسية
Redresseur Hexaphasé
secondaire
hexaphasé
ملفات ثانوية سداسية
P.N.
Transformateur
محول
bobinage
primaire
en Δ
ملفات اولية
مثلثية التوصيل
قاطرة
تيار مستمر ٦٠٠ فلط
coté continu 600 V
Ligne triphasé
10 000 volts
خط التغذية تيار ذى ثلاثة أوجه
وضغط ١٠٠٠٠ فلطا


الكابلات ذات الضغط العالى
١٠٠٠٠ فلت والمحطات الفرعية
مقياس ١ : ٥٠٠٠
CENTRALE DE CHOUBRAH
محطة شبرا للتوليد
CABINES CANAL ISMAILIEH
CANAL ISMAILIEH
ترعة الاسماعيلية
LE NIL
S/STATION CHOUBRAH
محطة شبرا الفرعية
CABINE LEBON
كشك شركة ليبون
S/STATION BAB-EL-HUSSENIEH
S/STATION MASPERO
Boites de sectionnement
صناديق الفصل
14 (Câble de 3x50)
S/STATION MOBTADAYAN
محطة المبتديان الفرعية
S/STATION GHIZEH
محطة الجيزة الفرعية
CABINE MANIAL EL RODAH
النيل

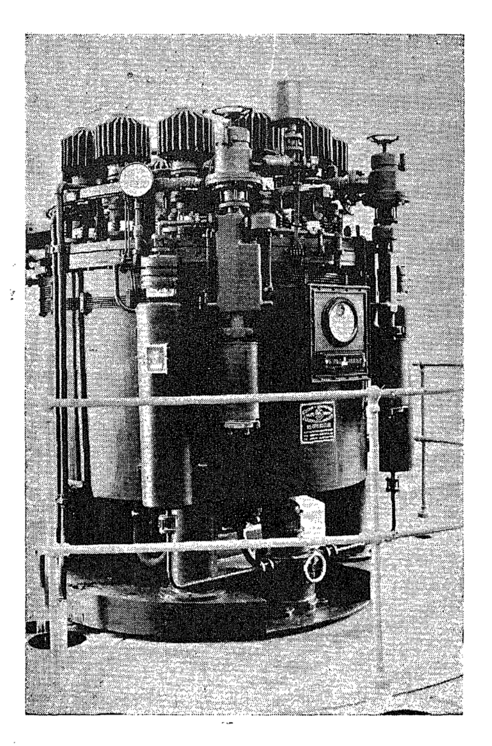
شكل نمرة ١٢


ALIMENTATION DU RESEAU
PAR LES S/STATIONS
Echelle 1/50000
شبكة ترام القاهرة
تغذية مناطقها بالمحطات
الفرعية
مقياس ١: ٥٠٠٠٠
ATELIERS
ABBASSIEH
ABDOU PACHA
SAKAKINI
GHAMRA
DAHER
KHAZINDAR
MOSQUÉE-EL-AZHAR
TERM CITADELLE
BAB-EL-KHALK
SAYEDA EICHA
BAB-EL-GAMAMIZ
SAYEDA ZENAB
IMAM-EL-CHAFEI
TERMINUS ABAT
TERM. ATTAR-EL-NEBI
BAB-EL-HADID
DEPÔT CHOUBRAH
VILLAGE CHOUBRAH
ROD-EL-FARAG
SAPTIEH
A.I.D.A.
PONT ISMAÏL
KASR-EL-EINI
FOUM-EL-KHALIG
ILE DE RODAH
FLEUVE
PONT ABBASS II
JARDIN ZOOLOGIQUE
DEPOT GHIZEH
ILE DE GHEZIREH
SPORTING CLUB
PONT EMBABEH
EMBABEH
PONT ZAMALEK
TERMINUS PYRAMIDES
Nord
اسم المحطة الفرعية
باب الحسينية — Bab-el-Hussenieh
ماسبيرو — Marpéro
شبرا — Choubrah
المبتديان — Mobtadeyan
الجيزه — Ghizeh
Charge — الحمل
Unités placées — عدد المجموعات ونوعها
1000 Kws — ١٠٠٠ ك.و — 3 de 600 Kws — ٣ × ٦٠٠ ك.و
1200 " — ١٢٠٠ ك.و — 2 de 1200 " — ٢ × ١٢٠٠ ك.و
700 " — ٧٠٠ ك.و — 1 de 1200 " — ١ × ١٢٠٠ ك.و
1200 " — ١٢٠٠ ك.و — 1 de 1200 " — ١ × ١٢٠٠ ك.و
300 " — ٣٠٠ ك.و — 1 de 600 " — ١ × ٦٠٠ ك.و
Le secteur Bab-el-Hadid ___ peut être placé sur Bab-el-Hussenieh - Marpéro ou Choubrah
PLAN N° 1351
Actuellement le secteur Guizeh est alimenté par la Centrale de Boulac (Future S/Station Marpéro)

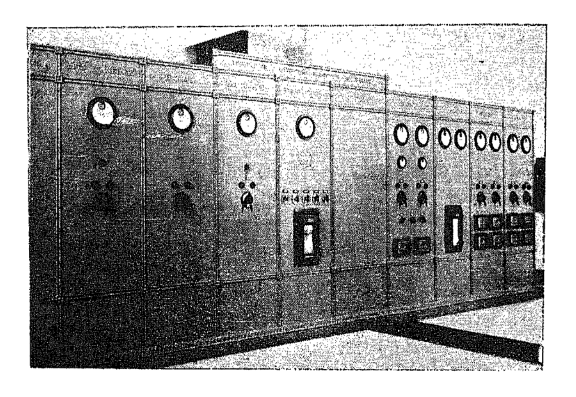
شكل نمرة ١٢



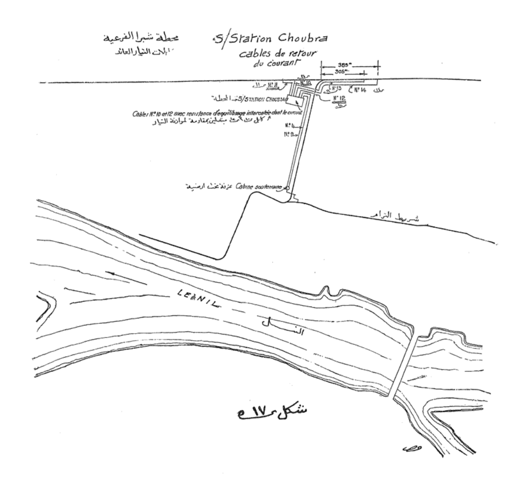
شكل ١٤

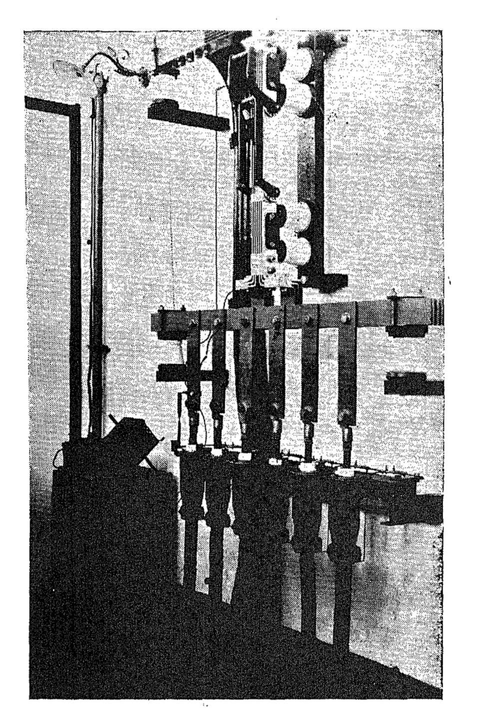


شکل ۱۵



شكل ١٦


محطة شبرا الفرعية
S/Station Choubra
cables de retour
du courant
385m
305m
N° 11
N° 10
N° 13
N° 14
N° 12
S/STATION CHOUBRA
Cables N° 10 et 12 avec resistance d'equilibrage intercalée dans le circuit
N° 4
N° 9
Cabine souterraine
شريط الترام
LE NIL
النيل
شكل ١٧ م



شکل ۱۸